

di

# The Challenge of Next Millennium on Hungarian Aeronautical Sciences

Edited by

József ROHÁCS  
Piroska AILER

Gyula SZABÓ  
Árpád VERESS



*Technical University of Budapest  
Department of Aircraft and Ships*



*Agricultural Collage Nyíregyháza of Gödöllő University*

**eR-GROUP**

**BUDAPEST, HUNGARY 1999**

# **The Challenge of Next Millennium on Hungarian Aeronautical Sciences**

**Edited by**

**József ROHÁCS  
Piroska AILER**

**Gyula SZABÓ  
Árpád VERESS**

**eR-GROUP**

**BUDAPEST, HUNGARY 1999**

The papers of the book were selected by the Program Committee of 12<sup>th</sup> Hungarian Days of Aeronautical Sciences from the available papers including in the final Program of the conference.

*Published by*  
eR-GROUP

Copyright © 1999 by Department of Aircraft of Ships  
ISBN 963 03 7803 5

All right Reserved. No part of the material by this copyright notice may be reproduced or utilised in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or by any information storage and retrieval system, without written permission from the copyright owners.

## **PATRONS OF CONFERENCE**

**Tamás Erdei – director of Air Traffic and Airport Administration**  
**Dr. Géza Péter Kovács – president of Danubian Aircraft Company**  
**Dr. István Simon – director of Aeroplex of Central Europe**  
**István Talla – Hungarian Air Force, Chiefs of Staff**  
**Attila Kositzky – lieutenant-general, Hungarian Air Force**  
**Nándor Hollósi – eng. lieutenant general, vice-chief of the defence staff**  
**Ödön Skonda – director of Ministry of Transport, Communication and Water**  
**Management, General Directorate of Civil Aviation**  
**Dr. Antal Pongrácz – president of MALEV Hungarian Airlines Company**  
**Ferenc Kovács – vice-president of MALEV Hungarian Airlines Company**

## **ORGANIZATION AND SCIENTIFIC COMMITTEE OF CONFERENCE**

**János Acsai, Kálmán Baksa, László Bátori, Péter Besenyei, Lajos Csidei, Dr. József Farkas, Prof. Dr. Tamás Gausz, Dr. Zsanna Gausz, János Halász, Dr. Dezső Hegedűs, István Labancz, Dr. Márton Németh (co-chairman), Prof. Dr. Gyula Óvári, Prof. Dr. Endre Pásztor, Prof. Dr. László Pokorádi, Péter Pusztai, Dr. János Rácz, Prof. Dr. József Rohács (chairman), Prof. Dr. Imre Sánta, Dr. István Steiger, Dr. Gyula Szabó, Prof. Dr. József Szabó, Prof. Dr. Róbert Szabolcsi, József Urbán,**  
**Piroska Ailer, Árpád Veress (secretariats)**

## PREFACE

The aeronautical sciences develop rapidly. Every decades the characteristics of aircraft, like energy efficiency, effects on the environment, etc. change for 10 - 25 %. Every 20 years the principally new aircraft are designed and produced. The new results of aeronautical sciences can be estimated by application of smart structures, reconfigurable control systems, composite and ceramic materials, new philosophy for design the "green aeroplanes", gust load elimination or the thrust vectoring to the fighters' poststall motion control. The new methods are worked out for aviation management, life control management, use of state monitoring and diagnostic systems, flow control by microelectromechanical systems, etc.

The Hungarian civil and military aviation, aeronautical industry and aeronautical sciences have the same development. Nowadays, the Hungarian Airlines is under privatisation, the Hungarian Airforce stands before the change of fighters, the aeronautical industry has started a new way of development, the education system has established the new training programs in aeronautical and air transportation engineering and the Hungarian aeronautical sciences tries to integrate into the international scientific co-operation.

Every two - three years we demonstrate the new results of the Hungarian aeronautical sciences. We try to define the problems and ways for future development of the Hungarian aeronautical sciences generated by needs of our aviation and industry. The Conferences of the Hungarian Days of Aeronautical Sciences is a big celebration for all of us working for development of Hungarian aeronautics. We have pleasure and honour to meet here our foreigner partners, friends helping to us in our hard work.

This book contains the papers selected for publishing from the final program of our last, 12<sup>th</sup> Hungarian Days of Aeronautical Science Conferences.

I think, the lectures demonstrate a big step done by Hungarian aeronautical sciences and I hope the engineers, scientists, administrative staff of Hungarian aeronautics can learn a lot from these papers and they can find many useful ideas for their future work.

Prof. Dr. József Rohács

# Content

	Page
<b>Regional Flight</b>	
<b>Dr. József Rohács - Dr. Zsanna Gausz - Dr. Tamás Gausz - Dr. István Steiger</b> (TUB Department of Aircraft and Ships)	375
ROLE OF REGIONAL FLIGHT IN REGION DEVELOPMENT	
<b>Péter Kerst</b> (MALÉV, Hungarian Airlines Company)	165
REGIONAL FLIGHT ACCORDING TO MALÉV	
<b>Petar Mirosavljevic - Dragan Petrovic</b> (University of Belgrade Faculty of Transport and Traffic Engineering)	416
EVALUATION OF REGIONAL AIRCRAFT BY MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION	
<b>Role of Air Force in the Integrated Europe</b>	
<b>Dr. György Peták</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Aircraft and Engines)	78
DEVELOPMENT OF FIGHTER AIRCRAFT, INCREASING OF THEIR AIR COMBAT PERFORMANCE, AVAILABILITY, SURVIVABILITY AND DECREASING THE MAINTENANCE AND LOGISTIC COSTS	
<b>Imre Eszenyi</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Logistics)	26
CIVIL-MILITARY LOGISTICS CONNECTION RELATING TO THE AIRPORT OF DEBARKATION (APOD)	
<b>László Ványa</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Electronic Warfare Department)	91
UNMANNED AIR VEHICLES - COMMANDER'S EYES AND ARMS IN THE INFORMATION	
<b>Sándor Szomora</b> (Aeroplex of Central Europe)	294
ROLE OF CIVIL AVIATION AUTHORITY APPROVALS IN THE BUSINESS SUCCESS OF AEROPLEX OF CENTRAL EUROPE ON THE INTERNATIONAL AIRCRAFT MAINTENANCE MARKET	
<b>Tekn. Lic Jan Palmqvist - Dr. Predrag Pucar</b> (Saab Grippen)	251
NINS/NILS - A NEW NAVIGATION AND LANDING SYSTEM FOR GRIPPEN	
<b>Avionics, Aircraft Systems</b>	
<b>Prof. Dr.-Ing. Gottfried Sachs - Dipl.-Ing. Ulrich Sençes - Dipl.-Ing. Peter Hermle</b> (München Technical University)	385
SIMULATION AND FLIGHT TEST OF A GROUND PROXIMITY WARNING SYSTEM	
<b>Dr. Róbert Szabó</b> (Miklós Zrínyi National Defence University Faculty of Management and Command Department of Aircraft Onboard Systems)	258
LQ BASED DESIGN METHODS APPLIED IN AUTOMATIC FLIGHT CONTROL SYSTEMS	
<b>Andrea Nagy - László Szabó</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Aircraft and Engines)	338
STEALTH DESIGN	
THE FUNDAMENTALS, LIMITS AND IMPACTS OF STEALTH TECHNOLOGY	
<b>Dr. Imre Makkay</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Electronic Warfare Department)	47
AEROSTATS - IEW PAYLOADS ON BOARD	
<b>József Kovács</b> (Miklós Zrínyi National Defence University Faculty of Management and Command Department of Aircraft Onboard System)	153
KOORDINÁTA HELYESBÍTÉSI ELVEK NAVIGÁCIÓS KOMPLEXUMOKBAN	
<b>Bertold Békési</b> (Miklós Zrínyi National Defence University Faculty of Management and Command Department of Aircraft Onboard System)	132
CONSTRUCTION OF LASER GYROS	

## Aviation Authority and Air Traffic Control

László Bátori (Ministry of Transport Communication and Water Management General Directorate of Civil Aviation)	5
<b>THE JOINT AVIATION AUTHORITIES AND THE EUROPEAN UNION</b>	
Dr. Rohács József - Dr. István Steiger (TUB Department of Aircraft and Ships)	315
<b>TYPE CERTIFICATION</b>	
Gyula Keszthelyi - Dr. Gyula Óvári (Hungarian Army Directorate of Logistics - Zrínyi Miklós National Defence University Department of Aircraft and Engines)	410
<b>THE LOGISTICS SYSTEM OF THE MIG-29 FIGHTER IN THE LIGHT OF THE HUNGARIAN NATO MEMBERSHIP</b>	
<b>Aircraft Engines</b>	
Dr. Imre Sánta (TUB Department of Aircraft and Ships)	320
<b>MATHEMATICAL MODELLING OF AXIAL COMPRESSOR</b>	
Piroska Ailer (TUB Department of Aircraft and Ships)	142
<b>MATHEMATICAL MODELLING OF CONTROL SYSTEM OF A LOW-POWER ENGINE</b>	
Árpád Veress - Dr. Endre Pásztor (TUB Department of Aircraft and Ships)	101
<b>COMPARATIVE STATE OF STRESS ANALYSIS OF CENTRIFUGAL COMPRESSOR</b>	
<b>Aircraft Design, Operation and Maintenance</b>	
Márton Blaskó - Gábor Endrőczy - György Makkai (Ins. of Solid State Physics, Budapest - Nuclear and Particle Research - Hungarian Defence Forces, Aeronautical Eng. Dir.)	20
<b>COMBINED NEUTRON RADIOGRAPHY AND VIBRATION DIAGNOSTIC EXPERIMENTS ON HELICOPTER ROTOR BLADES</b>	
Dr. George Savu (COMOTI)	413
<b>GLOBAL AERODYNAMIC OPTIMIZATION OF SOLAR POWERED, UNMANNED AIRPLANE</b>	
Abdesselam Aomar (TUB Department of Aircraft and Ships)	10
<b>EFFECTS OF PARAMETER CHANGES IN HYDRAULIC SERVO-ACTUATOR AND AIRCRAFT DYNAMICS</b>	
<b>Human, Ergonomical, Medical Questions</b>	
Luigi Balis Crema - Antonio Castellani (Dipartimento Aerospaziale from Italy)	280
<b>HUMAN FACTORS IN AIRCRAFT MAINTENANCE</b>	
József Bera - Dr. László Pokorádi (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Military Technics)	114
<b>ACTUAL QUESTIONS OF MEASURING OF THE AIRCRAFT NOISE</b>	
László Ormos (Agricultural College Nyíregyháza of Godóllő University)	59
<b>ON-BOARD NEURAL FLIGHT CONTROL NETWORK BASED ON THE MODEL OF HUMAN REFLEX COURSE</b>	
Csaba Moravszki (TUB Department of Aircraft and Ships)	355
<b>DEVELOPMENT OF TOUCHSCREEN EQUIPPED ELECTRONIC FLIGHT DISPLAY FOR PILOT INTERACTION</b>	
Attila Nagy (TUB Department of Aircraft and Ships)	411
<b>CONTROL OF MACRO AERODYNAMICAL MODEL BY MICRO DEVICES</b>	

## **Aerodynamics, Flight Mechanics, Risk Estimate in the Environment of Flight and Military**

<b>Dr. László Pokorádi</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Military Technic) KOCKÁZATBECSLÉSI MÓDSZEREK ÉS TECHNIKÁK A REPÜLÉSBEN	66
<b>Dr. Zsanna Gausz</b> (TUB Department of Aircraft and Ships) MÓDSZEREK A REPÜLŐGÉPEK ELŐZETES AERODINAMIKAI SZÁMÍTÁSÁBAN	245
<b>Dr. Tamás Gausz</b> (TUB Department of Aircraft and Ships) ALKALMAZOTT ÓRVÉNYELMÉLETEK A REPÜLŐGÉP-AERODINAMIKÁBAN	270
<b>Dr. Sándor Kecskeméti</b> (ZMNE Institute of Flying Officers) KÜLÖNLEGES RENDELTETÉSŰ HARCCSAPATOK TEVÉKENYSÉGE, VEZETÉSE VÁLSÁGKEZELÉS, VAGY KORLÁTOZOTT FEGYVERES KONFLIKTUSOK IDŐSZAKÁBAN	414
<b>Dr. László Pokorádi - László Madarász</b> (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Military Technic) A KOCKÁZATKEZELÉS A REPÜLŐMŰSZAKI MENEDZSMENT TEVÉKENYSÉGÉBEN	365
<b>Balázs Gáti</b> (TUB Department of Aircraft and Ships) SÁRKÁNYREPÜLÉS-MECHANIKA Aviation Authority and Air Traffic Control Human, Ergonomical, Medical Questions	161
<b>Gábor Hidvégi - József Bajusz</b> (MALÉV, Hungarian Airlines Company) A JAR ELŐÍRÁSOK ÉS AZ ISO 9000 SZERINTI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS KAPCSOLATA	38
<b>Dr. Gyula Szabó - Gyula Szelestey</b> (Agricultural Collage Nyíregyháza of Gödöllő University) A JAR-FCL KÖVETELMÉNYEK ÉRVÉNYESÍTÉSE A MÉRNÖK-PILÓTA KÉPZÉSBEN	395
<b>József Tóth</b> (ZMNE Department of Economy and Defence-Economy) MINŐSÉGSTRATÉGIÁK A REPÜLŐGÉPIPARBAN	287
<b>Lajos Kiss</b> (Agricultural Collage Nyíregyháza of Gödöllő University) A DINAMIKA TANTÁRGY OKTATÁSA A REPÜLŐMÉRNÖK KÉPZÉSBEN	232
<b>János Halász</b> (Kossuth Lajos Professional Secondary School) REPÜLŐ SZAKKÉPZÉS JELENE ÉS JÖVŐJE MAGYARORSZÁGON	311
<b>Dr. László Lóth - Dr. Gábor Hardicsay</b> (Quality Training School and LIRSZ) A HUMÁN ERŐFORRÁS FEJLESZTÉSE A MAGYAR POLGÁRI REPÜLÉSBEN	415
<b>Dr. Ildikó Klementis</b> (Hungarian Ray-Biology and Ray-Health Research Center) A KOZMIKUS SUGÁRZÁS ÉS MOLEKULÁRIS BIOLÓGIA HATÁSAI	412
<b>At the Age of 50 the Hungarian Parachute Sport and Sport Flights</b>	
<b>Sándor Szódi - Zoltán Mátrai - János Tóth - Sándor Kastély - Lőrinc Dombi - István Tóth</b> (Association of Hungarian Aviator) AZ 50 ÉVES MAGYAR EJTŐERNYŐS SPORT TÖRTÉNETE, AZ EJTŐERNYŐS SPORT (VERSENYSZÁMOK) FEJLŐDÉSE	186
<b>Sándor Szódi - Zoltán Mátrai - János Tóth - Sándor Kastély - Lőrinc Dombi - István Tóth</b> (Association of Hungarian Aviation) A MAGYAR EJTŐERNYŐS SPORT EREDMÉNYEI AZ EJTŐERNYŐSUGRÁS BIZTONSÁGA	197
<b>Sándor Szódi - Zoltán Mátrai - János Tóth - Sándor Kastély - Lőrinc Dombi - István Tóth</b> (Association of Hungarian Aviation) AZ EJTŐERNYŐZÉS JOGSZABÁLYI FELTÉTELEI AZ EJTŐERNYŐK ÉS EJTŐERNYŐS UGRÁS ÁLTALÁNOS HELYZETE	212
<b>István Tóth</b> (Flight Instructor Division at the Airport of Nyíregyháza) A SPORTREPÜLÉS HELYZETE NYÍREGYHÁZÁN	242



## **Aircraft Engines and Aircraft Repairing**

- Dr. Endre Pásztor (Zrínyi Miklós National Defence University Department of Aircraft and Engines)** 331  
**KÍSÉRLETEK REPÜLŐGÉP LÉGKONDICIONÁLÁSÁRA ALKALMAS TURBÓLÉGHŰTŐ  
BERENDEZÉSEL**
- András Gál - György Badovszky** 348  
**A DORNIER (DO28D2) TIPUSÚ DUGATTYÚS REPÜLŐGÉP ÁTALAKÍTÁSA LÉGCSAVAROS  
GÁZTURBINÁS VÁLTOZATTÁ  
(DO28G92)**
- László Szilvássy - Bertold Békési (Miklós Zrínyi National Defence University Faculty of Management and  
Command Department of Aircraft Onboard Systems)** 124  
**A KATONAI REPÜLŐGÉP FEDÉLZETI RAKÉTAK HAJTÓMŰVEI**

Készült: a GATE Mezőgazdasági Főiskola  
Nyomdájában Nyíregyházán

150 példányban

Eng.sz.: 14/1999.

Műszaki vezető: Sóvári Lajosné

## A KATONAI REPÜLŐGÉP FEDÉLZETI RAKÉTÁK HAJTÓMŰVEI

**SZILVÁSSY László mérnök őrnagy**  
**egyetemi tanársegéd**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
5008. Szolnok, Pf.1., Magyarország  
Fax: +(36)56-422-306,  
Telefon: +(36)56-343-422, m. 48-71

**BÉKÉSI Bertold mérnök százados**  
**egyetemi tanársegéd**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
5008. Szolnok, Pf.1., Magyarország  
Fax: +(36)56-422-306, E-mail: bebe@solyom.szrfk.hu  
Phone: +(36)56-343-422, m. 48-61, 48-75

*Received: June 2, 1999.*

*A szerzők célja bemutatni a repülőgép-fedélzeti rakétákban alkalmazott hajtóművek különböző típusait, többek között a torlósugarhajtóművet is.*

### 1. BEVEZETÉS

A szerzők előző cikkükben a repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagokról írtak, ahol elsősorban a szilárd hajtóanyag formákat mutatták be. Ez a cikk kapcsolódik az előzőhöz, igaz röviden bemutatva szinte a teljes keresztmetszetét a repülőgép-fedélzeti rakétákon alkalmazott rakétahajtóműveknek.

### 2. A REAKTÍV HAJTÓMŰVEK OSZTÁLYOZÁSA

A rakéta hajtóműveket fizikai szempontok alapján a reaktív hajtóművek csoportjába sorolhatjuk, melyeket alapvetően két nagy csoportra oszthatunk.

Az egyik nagy csoportba azok a hajtóművek tartoznak, amelyek az atmoszférában található levegőt használják, mint az energiaforrás nélkülözhetetlen komponensét, vagy mint a kiáramló tömeget, vagy mint mindkettőt. Ezeket a hajtóműveket levegőnyelő (aerob) hajtóműveknek nevezzük. Ilyen hajtóműveket találhatunk a repülőgépeken, robot repülőgépeken és néhány rakétán. Ezeknek a hajtóműveknek az alkalmazási magassága igen korlátozott és bármennyire is szeretnénk, de 30.000 méter fölött már nem alkalmazhatóak.

A másik nagy csoportba azok a hajtóművek tartoznak, melyeknek nincsen

szükségük a környezetükben található levegőre sem energiaforrásként, sem pedig a kiáramló tömeghez. Ezek a levegőt nem nyelő (anaerob) hajtóművek. Talán a legismertebb alkalmazási területük űrhajózási hordozó rakéták.

## 2.1 Levegő nyelő hajtóművek

A légsaváros hajtóműnél a vonóerőt a légsavár keresztmetszetén, az úgynevezett légsavartárcsán átáramló levegő felgyorsításával állítjuk elő. A  $v$  sebességgel mozgó repülőgépre szerelt légsavár a "beszívott" levegőt  $2w$  sebességnövekedéssel "löki" hátra. Mivel hatása a tárcsa előtt és mögötti térre is kiterjed, amit a sugárkontrakció mutat, bizonyítható, hogy a légsavár síkjában sebességnövekmény feleakkora, vagyis  $w$ .

A légsavart hajthatja dugattyús motor, vagy gázturbina. Mindkét esetben a hajtómű a környezeti levegőt használja az energiaforrás egyik komponenseként.

A légsaváros hajtómű legjobban a viszonylag kis sebességű repülőgépeknél, légijárműveknél alkalmazható.

A gázturbinás sugárhajtómű főalkotó elemei a levegő szívócsatorna, a sűrítő vagy kompresszor, az égőkamra, a turbina és a fűvócső. Az égőkamrában, a sűrített levegőben elégetett üzemanyagból nyert energia egy részét a turbina átalakítja mechanikai energiává, a kompresszor hajtására, a megmaradó rész a fűvócsőben átalakul mozgási energiává és tolóerőt fejt ki.

Ezt a hajtómű típust a közepes és nagy sebességű repülőgépeknél, robotrepülőgépeknél kerül alkalmazásra. (körülbelül 2-2,5 M tartományig)

Az ennél nagyobb sebességeknél már feleslegessé válik a turbókompresszor, mivel a szívócsatornában létesített torlónyomás, rekompreszió elegendő az égési reakció jó hatásfokú lefolyásához. Az ilyen típusú hajtóműveket hívjuk a torlósugar hajtóműnek.

Ez a propulziós rendszer csupán a levegő beömlőcsatornából, az égőtérből és a fűvócsőből áll. Mivel nincsenek benne nagy sebességgel forgó alkatrészek, mint a kompresszor, vagy a turbina, felépítése sokkal egyszerűbb, mint a gázturbinás sugárhajtóművéké. Ezzel szemben viszont nagy hátránya, hogy csak nagy sebességeknél (kb. kétszeres Mach szám elérése után) lehet beindítani. Emiatt a torlósugarhajtóművet mindig gázturbinás sugárhajtóművel vagy rakétahajtóművel kell társítani.

## 2.2 Levegőt nem nyelő hajtóművek

A levegőt nem nyelő hajtóműveket leggyakrabban rakétahajtóműként szoktuk emlegetni. Vizsgáljuk meg mit is nevezünk rakétahajtóműnek.

"Olyan különleges sugárhajtómű, amely a működéshez nem a környező levegőt használja fel, hanem az üzemeltetéshez szükséges anyagot a fedélzeten viszi magával. Ebből eredően a rakétahajtómű bárhol, még légüres térben is elő tud állítani tolóerőt. A rakétahajtómű lehet: kémiai, atom- és elektromos rendszerű. A kémiai rakétahajtómű munkaközege nagy hőmérsékletű gáz, a rakéta-hajtóanyag égésének  $v$ . nagyon gyors bomlásának a terméke. Ma még az atom-rakétahajtómű fejlesztési stádiumban van; az elektromos rakétahajtóművek pedig gyakorlatilag csak az irányító

rendszerek orientációs egységeiben fordulnak elő." [14]

A fenti definíciót megvizsgálva a rakétahajtóműveket két csoportra oszthatók: Az egyikben — a kémiai rakétahajtóművekben — az energiaforrás és a kiáramló tömeg szoros összefüggésben van egymással

A másokban a hajtómű energia forrása és a kiáramló tömeg nincsen olyan szoros összefüggésben egymással. Például használható az atomenergia vagy a napenergia. A kiáramló tömeget gyorsíthatjuk magas hőfokú gázkeverék expanziójával vagy esetleg elektromágneses tér segítségével.

Számunkra az első csoport a lényeges ugyanis a repülőfedélzeti rakétákban ezen az elven működő hajtóműveket alkalmazunk, mivel gyakorlati megvalósítása az ilyen típusú hajtóműveknek lehetséges viszonylag olcsón és egyszerűen. Ezek a hajtóművek azért is alkalmasak repülőfedélzeti rakétákban való alkalmazásra, mert rövid idő alatt képesek igen nagy sebességeket (akár 3-3,5 M) elérni, így igen nagy távolságokat rövid idő alatt megtenni.

A repülőgép-fedélzeti rakétákban alkalmazott rakétahajtóműveket a következőképpen csoportosíthatjuk:

RAKÉTA HAJTÓMŰ					
FOLYÉKONY HAJTÓANYAGÚ		SZILÁRD HAJTÓANYAGÚ		KOMBINÁLT HAJTÓMŰ	
EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ	EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ		KÉTFOKOZATÚ

I. sz. táblázat  
A rakétahajtóművek felosztása

Ha csoportosítjuk a repülőgép-fedélzeti rakétákat, és megvizsgáljuk, hogy a különböző csoportokban milyen rakétahajtóművek fordulnak elő, akkor a következő következtetésre jutunk. Nem irányítható rakéták esetében kutatásaim során nem találtam csak szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel. Ez a rakéták viszonylag gyakori kis méretével és a hajtómű gyártási hibáiból adódó viszonylag kis szórásból és a hajtómű megbízható működéséből, olcsó előállíthatóságából adódik. Az irányítható rakéták között különbséget kell tenni a légiharc és a felszín elleni rakéták között. A légiharc rakéták között sem találtam csak szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművet, míg a felszínelleni rakéták között igen nagy a választék. A rakéta harcászati jellegétől, vagy a hatótávolságtól illetve a rakéta méretétől függően ebben a csoportban megtalálható valamennyi korábban felsorolt hajtómű.

A felsorolt reaktív hajtóművek szinte bármilyen kombinációja előfordulhat a rakétákon és ennek függvényében beszélünk egyfokozatú, vagy kétfokozatú hajtóműről. Háromfokozatú hajtóművel egyelőre nem találtam, de létezését nem tartom kizártnak, mivel az elektronika igen gyors fejlődésével a lokátorok, egyéb felderítő eszközök hatótávolsága is fejlődik, ami lehetővé teszi az egyre nagyobb távolságból történő rakétaindítást.

A sajtóban robotrepülőgépként vagy cirkálórakétaként emlegetett eszközöknek gázturbinás sugárhajtóműve van esetleg utánégetővel, vagy nélküle. Éppen ezért ha a hajtómű oldaláról közelítjük meg az eszköz elnevezését, akkor a robotrepülőgép a jobb

elnevezés, de legtöbb szakmai könyvben rakétaként írnak ezekről az eszközökről. Nem tartom tisztelnem az elnevezések közötti ellentmondást feloldani csak rá szeretnék világitani, az elnevezések közötti ellentmondásra.

A hagyományos értelemben vett rakéták között találunk olyat, amelyik egyfokozatú, szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel rendelkezik, melyek felépítését nem tervezem tárgyalni. Találunk viszont olyat, amelyik kétfokozatú hajtóművel rendelkezik, melyek közül az első fokozat — a gyorsító fokozat — szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű. Ezen rakéták második fokozata lehet levegőt nem nyelő, tehát a hagyományos értelemben vett rakétahajtómű, lehet viszont levegőt nyelő torlósugarhajtómű. Ezek között a hajtóművek között is megkülönböztethetünk folyékony és szilárd hajtóanyagú hajtóműveket.

### 3. SZILÁRD ÉS FOLYÉKONY HAJTÓANYAGÚ RAKÉTAHAJTÓMŰVEK RÖVID ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű szerkezetét tekintve igen egyszerű. A szilárd hajtóanyagot — általában különféle lőporokat — hajtótöltet formájában,<sup>1</sup> a tüzelőtérben helyezik el, így tulajdonképpen a tüzelőtér egyben a hajtóanyagtartály, és egyben a rakéta törzse is.

Fontos előnye:

- szerkezet, így a gyártása is egyszerű és viszonylag olcsó;
- a hajtótöltet állandóan a rakétában tárolható;
- az indításhoz való előkészítés időigénytelen.

Hátrányai:

- mivel a hajtótöltet tárolótartálya a hajtómű működése során tüzelőtérre változik, és egyben a rakéta törzse is, így a fellépő nagy nyomást és hőmérsékletet a tervezéskor figyelembe kell venni, ami megnövelheti a tüzelőtér méretét;
- viszonylag kis fajlagos tolóerő;
- az égési folyamatot jelentősen befolyásolja a töltet kezdeti hőmérséklete,<sup>2</sup>
- nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem oldható meg a hajtómű leállítása.

Figyelembe véve a felsorolt előnyeit — hátrányai ellenére — páncéltörő, tűzérési, légvédelmi, repülőgép-, helikopter-, hajó- és tengeralattjáró-fedélzeti rakétákban is széleskörű alkalmazást nyert. A korszerű szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek legnagyobb fajlagos tolóereje 3000 N/kg, a legnagyobb tüzelőtérnyomásuk pedig mintegy 20 MPa.

<sup>1</sup> lásd [15] Szilvássy László: Repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, Zrinyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem: Repülőtisztai Intézet Repüléstudományi Közlemények, X. évfolyam 25. szám 1998/2.

<sup>2</sup> Töltet kezdeti hőmérséklete: a hajtótöltetek lényeges tulajdonsága. A töltet hőmérséklet meghatározza a szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek tolóerejét, ugyanis a kisebb hőmérsékletű hajtótöltet lassabban ég. A lassabban égés eredményeként egy időegység alatt kevesebb égéstermék keletkezik, tehát kisebb a tolóerő. A töltet hőmérsékletnek -30 °C-ról +40 °C-ra való növelésekor a tolóerő, a hajtóanyag fajtájától függően, 40-60 %-kal növekedhet. A töltet hőmérsékletet a lövelemiek megadásakor, illetve a szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek üzemeltetése során figyelembe kell venni. [14]

A folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművet gyakran alkalmazzák közepes ill. nagy hatótávolságú rakétafegyverekben. Az ilyen típusú hajtóművek szerkezete bonyolultabb, mint a korábban tárgyalt szilárd hajtóanyagú rakétahajtóműveké. Általában hajtóanyag tartályból vagy tartályokból, hajtóanyag-táprendszerből, hajtóházból (tüzelőtér a fűvókával) és a hajtómű automatikából áll. A hajtóanyag-tartályokban tárolt összetevőket (általában oxidálóanyagot és tüzelőanyagot) a táprendszer szállítja a tüzelőtérbe, ahol a meggyulladás után folyamatos égés játszódik le.

A hajtómű-automatika irányítja a hajtómű működését:

- a megindítását;
- az összetevők begyűjtését;
- a tüzelőtérbe betáplálendő hajtóanyag mennyiségének szabályozását;
- az összetevők egymáshoz viszonyított mennyiségének megváltoztatását;
- a hajtómű leállítását.

A folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművek előnyös tulajdonságai:

- a szabályozás egyszerűsége és pontossága;
- a gyors és pontos leállítás lehetősége;
- viszonylag magas fajlagos tolóerő.

Hátrányai:

- bizonyos típusú hajtóanyag-összetevőket sajátos tulajdonságuk miatt nem lehet a rakéta fedélzeti tartályaiban tárolni huzamosabb ideig;
- az előbbiből következően viszonylag nagy előkészítési idő;
- szerkezete meglehetősen bonyolult;

	Fajlagos tolóerő [Ns/kg]	Kiáramlási sebesség [m/s]	Tüzelőtérnyomás [MPa]
Szilárd hajtóanyagok	2500-3000	1000-2500	15-20
Folyékony hajtóanyagok	3500-4000	2500-4000	6-8

2. sz. táblázat  
Hajtóanyagok összehasonlítása

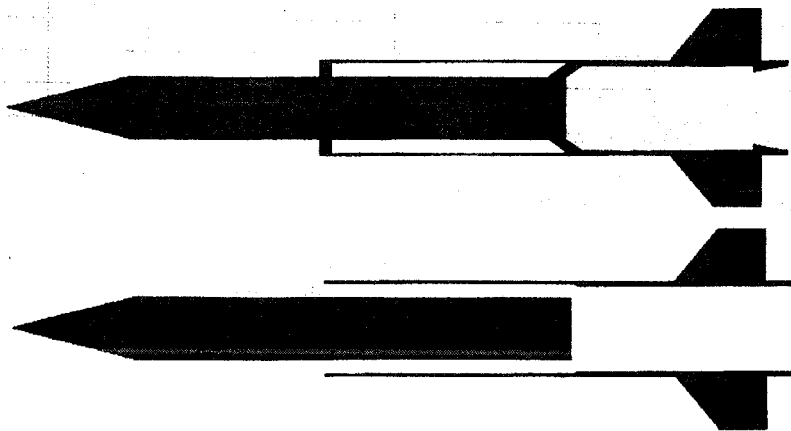
A különböző hajtóanyagú rakétahajtóművekről eddig leírtakat figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a gazdaságossági és kezelhetőségi szempontokat figyelembe véve látható, hogy a szilárd hajtóanyagformák térhódítása miatt olyan jelentős a repülőfedélzeti rakéták körében.

#### 4. RAKÉTÁKON ALKALMAZOTT TORLÓSUGÁRHAJTÓMŰ FELÉPÍTÉSE

Torlósugarhajtóművel felszerelt rakéták különös ismertetője, hogy rendelkeznek valamilyen levegőbeömlő csatornával, vagy csatornákkal. Ismerek olyan rakéták, melynek a levegő beömlő csatornája külső megjelenésében a MiG-21

repülőgép beömlő csatornájára hasonlít. Ha jobban megvizsgáljuk a rakéta hajtóművének felépítését a hasonlóság fokozódik, ugyanis a rakéta második fokozata nem más, mint az egyik ismert MiG repülőgép utánégető fokozata, folyékony kerozin üzemanyaggal. Természetesen mire ez a hajtómű működésbe kezd a rakéta már közel 2 Mach sebességgel repül. Ezt a sebességet négy darab szilárd hajtóanyagú leváló rakétahajtómű biztosítja.

A másik igen gyakran alkalmazott torlósugarhajtómű felépítését tekintve eltér az előbb említettől. A különbség az, hogy a levegő beömlő csatorna a rakéta testen kívül, az oldalán helyezkedik el. A leggyakrabban alkalmazotti beömlőcsatorna szám a négy. Éppen ez az, ami nagyon sok félreértésre ad okot ugyanis felületes szemlélő számára ez a négy beömlőcsatorna úgy néz ki, mintha négy gyorsító fokozat lenne, amiről fentebb írtam. Az ilyen típusú rakétahajtómű általában közös hengeres testben nyer elhelyezést a gyorsító hajtóművel egymás mögötti elrendezésben. A rakéta indulásakor csak a gyorsító fokozat indul és viszonylag rövid idő alatt nagymennyiségű szilárd hajtóanyagot éget el, progresszív égéssel a rakéta gyorsításához. A gyorsító fokozat kiégésével egy időben indul a második menet vagy utazó fokozat, ami a kiéget indító-hajtóműteret használja égőtérként, ahol megtörténik hajtóanyag elégetése a környező levegő segítségével. A levegő beömlő csatornák addig, míg a gyorsító fokozat működik lezárásra kerülnek egy speciális dugó segítségével. (lásd 1. sz. ábra felső rajz) A dugókat a start hajtóműben uralkodó nagy nyomás tartja a helyükön mindaddig amíg a hajtómű nyomása magasabb mint a torlónyomás. Ez pedig a hajtómű kiégésekor következhet csak be. Ekkor a dugók a torlónyomás hatására beesnek az égőtérbe és rendszerint elégnek vagy távoznak a fűvókán keresztül. Az indító hajtómű kiégésével egy időben szükség van a fűvóka keresztmetszetének megnövelésére a menet hajtómű igényeinek megfelelően (lásd 1. sz. ábra alsó rajz). Ezt a leggyakrabban egy lerobbantható fűvóka egységgel oldják meg. A menet hajtómű a hajtóanyag tekintetében lehet akár folyékony akár szilárd. Bármelyikről is legyen szó olyan összetételű, hogy az égés során felhasználásra kerülő oxigén csak egy részét tartalmazza így szükséges a külső levegő betáplálás a tökéletes égéshez.



1.sz. ábra A torlósugarhajtómű felépítése

A KATONAI REPÜLŐGÉP FEDÉLZETI RAKÉTÁK HAJTÓMŰVEI

Végezetül szeretnék néhány példát felsorolni az ismertebb rakétákon alkalmazott különböző rakétahajtóművekre. (Előre bocsátom, hogy a felsorolás csak olyan információt tartalmaz amely az irodalomjegyzékben felsorolt nyílt, szabadon hozzáférhető könyvekben, jegyzetekben fellelhető.)

	EGYFOKOZATÚ		KÉTFOKOZATÚ			
	SZILÁRD	FOLYÉKONY	ELSŐ FOKOZAT		MÁSODIK FOKOZAT	
			SZILÁRD	FOLYÉKONY	SZILÁRD	FOLYÉKONY
AA-1, -2, -3, -4	X					
AA-5, -6, -7, -8	X					
AA-6, -7, -8	X					
AS-4, -5, -6		X				
AS-15		X <sup>***</sup>				
SA-4, Ganef			X			X <sup>**</sup>
SA-6, Gainful			X		X	
AS.II			X		X	
ASMP			X			X <sup>**</sup>
Kormoran			X		X	
ANS			X		X	
Martel			X		X	
Gabriel III A/S			X		X	
Penguin			X		X	
RB 05A				X		X
ACM		X <sup>***</sup>				
AGM-86B		X <sup>***</sup>				
AGM-84A Harpon		X <sup>***</sup>				
AMRAM, AIM-120	X					
ASAT			X		X	
Phoenix, AIM-54	X					
Sidewinder, AIM-9	X					
Sparrow, AIM-7	X					

\* torlósugar rakétahajtómű

\*\* kerozin hajtóanyagú, torlósugarhajtómű

\*\*\* gázturbinás sugarhajtómű

3. sz. táblázat  
Néhány rakéta és hajtóműve



## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **Bill GUNSTON**: Korszerű harci repülőgépek fegyverzet, Zrínyi Kiadó, Budapest, 1995.
- [2] Haditechnika folyóirat 1996/3. szám
- [3] Haditechnika folyóirat 1997/4. szám
- [4] Hadtudományi lexikon CD-ROM, MHTT 1995, Scriptum Rt. 1998.
- [5] Idegen hedseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztítóeszközök, Magyar Honvédség kiadványa 1993, (Id/16 Szabályzat)
- [6] **KAKULA János mk. őrnagy**: Rakéták szerkezetana, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1989.
- [7] **KAKULA János mk. őrnagy**: Robbanóanyagok és a robbanás hatásai, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1990.
- [8] **DR. LUKÁCS László**: Katonai robbantástechnika és a környezetvédelem, ZMNE HTK, 1997.
- [9] MiG-29 publication by 4+ Publishing Co., Praha, 1995.
- [10] Militair folyóirat I. évf./ 1. szám, Triak gmk, 1996. május
- [11] Militair folyóirat I. évf./ 2. szám, Triak gmk, 1996. június
- [12] **NAGY István György-SZENTESI György**: Rakétafegyverek űrhajózási hordozórakéták, Típuskönyv, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1983.
- [13] **PAPP Bálint-NAGY István György-DR. TAMÁSI Zoltán**: Rakétafegyver, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1962.
- [14] **SÁRHIDAI Gyula**: Robotrepülőgépek, Haditechnika fiataloknak Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1986.
- [15] **SZENTESI György**: Hadászati rakéták, Haditechnika fiataloknak Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1987.
- [16] **SZILVÁSSY László**: Repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1998/2. (43-50) o.
- [17] **O. A. ILJINA**: Aviacionnoe voorüenie, Voennoe Izdatelüxtvo Minixterxtvo Oboronü XXXR, Moxkva, 1977.
- [18] **N. E. KONOVALOV, N. I. MELIK-PASAEV**: Teoriq aviacionnih dvigatelej Őaxtü III. Prqmotoönie VRD i raketnie dvigateli, VVIA im. N. E. Wukovxkogo, Moxkva, 1974.
- [19] **R. X. XARKIXQN**: Aviacionnie boepripaxü, VVIA im. N. E. Wukovxkogo, Moxkva, 1978.
- [20] **V. A. ŐUMAKOV**: Aviacionnie raketü, VVIA im. N. E. Wukovxkogo, Moxkva, 1974.

*The purpose of the authors is to review rocket engine propellants of on-board missiles and their composition, and also ramjet engine.*